

Zur Lokalisation der Rechenfunktionen.

Anläßlich *Hans Bergers* Schrift: Über Rechenstörungen bei Herderkrankungen des Großhirns¹).

Von

S. E. Henschen, Stockholm.

(Eingegangen am 29. November 1926.)

In einer Abhandlung mit obigem Titel hat Prof. *Hans Berger* (Jena) in diesem Archiv einen Beitrag zur Frage der Lokalisation der Rechenfunktionen geliefert, wobei er sich hauptsächlich auf drei eigene Fälle stützt. Da in der Schrift auch meine Stellung zu diesem Probleme berührt ist, obschon, wie ich zeigen will, in nicht ganz korrekter Weise, fühle ich mich veranlaßt, diese klarzulegen.

Nach einer Darstellung der Anschauungen anderer Forscher, besonders *Ransburghs*, über den Mechanismus des Rechnens, nach welchem (S. 238) „auch die allereinfachsten Rechenvorgänge Denkkakte sind, deren Lösung . . . durch eine Kette von Vorstellungen kontrolliert wird“, behauptet *Berger*, daß, wenn auch die Feststellungen *Ransburghs* zwar „für das Kind und den Heranwachsenden wohl unbestritten sind, so treffen sie doch für den Erwachsenen nicht ohne weiteres zu“. *Berger* hebt hervor, daß z. B. die Frage $7 \times 8 (= 56)$ „wohl für die meisten Erwachsenen . . . auf die Stufe einer einfachen mechanischen Entnahme aus dem Gedächtnis herabgesunken ist und mit einem eigentlichen Rechenvorgang nichts mehr zu tun hat“. Die Rechenfähigkeit ist nach *Berger* nicht immer ein Maßstab für die Intelligenz (S. 239). *Berger* erwähnt auch, daß laut hervorragenden Mathematici „das Rechnen lediglich eine besondere Anwendung der Gesetze der Logik sei“, und daß es sich dabei *nur* um ein Schließen auf Grund allgemeiner Lehrsätze handelt und demgemäß Rechenfähigkeit und Intelligenz parallel gehen. *Berger* hebt dabei ferner hervor, daß, *wenn* dem so wäre, auch die Störung der logischen Funktionen ebenfalls stets mit einer Störung der Rechenfähigkeit verbunden sein müsse und vice versa, daß aber „bei Erkrankungen des Gehirns mit schweren und schwersten Schädigungen des Rechnens doch durchaus intakte logische Funktionen sich nachweisen lassen (S. 240).

Hier stehen zwei Anschauungen einander gegenüber.

¹) Archiv f. Psychiatrie u. Nervenkrankh. 1926, 78, 238.

Meiner Meinung nach ist der Denkakt nicht etwas für sich, sondern erfordert Vorstellungen als Unterlage und ist auf solche begründet, die bei verschiedenen Denkakten je nach Inhalt verschieden sind. Bei der Verknüpfung dieser Vorstellungen zu Gedanken spielt das Mark des P-O-Lappens eine hervorragende Rolle, wie ich in einer besonderen Schrift: „Aphasie-Systeme“ näher entwickeln will.

Die Denkfähigkeit als einen Ausdruck der allgemeinen Intelligenz von der Vorstellungsfähigkeit zu trennen, wie *Ransburgh* wohl will, scheint mir nicht berechtigt. Das Intellekt ist nicht ein Ganzes, Unteilbares, sondern besteht aus Vorstellungsakten, die wie der Rechenmechanismus lokalisiert sind.

Während also *Ransburgh* die Rechenfähigkeit als einen Ausdruck des logischen Denkens und demnach Störungen der Rechenfähigkeit nur als einen alogischen Prozeß ansieht, betrachtet *Berger* die Rechenfähigkeit als auf lokalen Prozessen und Funktionen begründet und nicht mit der allgemeinen Intelligenz parallel verlaufend.

So bemerkt *Berger*, daß die Anschauung beim Unterricht von Kindern eine große Rolle spielt und daß *Schanoff* (1911) wie *Henschen* (1919) nachgewiesen haben will, daß beim Rechnen den optischen Elementen eine besondere Bedeutung zukommt. Nach *Berger* sprechen auch die klinischen Erfahrungen bei Herdläsionen „für die große Bedeutung der anschaulichen, optischen Elemente bei der Lösung einer wirklichen Aufgabe“. *Lewandowski* und *Stadelmann* (1908) sind ebenfalls zu dem Resultate gekommen, daß die von ihnen beobachteten Rechenstörungen auf eine Schädigung des linken Occipitallappens zu beziehen seien, was *Poppelreuter* und *Peritz* bestätigten.

Damit drängt sich die Frage auf, ob eine *nähere* Lokalisation des Rechnens möglich ist. *Berger* erinnert dabei (S. 241) an die ausführliche Bearbeitung *Henschens* des klinischen bzw. klinisch-anatomischen Materiales und seine Behauptung, daß es einen „relativ selbständigen Apparat für arithmetische Funktionen gäbe“ und „daß doch die Rechenfähigkeit eine sehr zusammengesetzte Hirnfunktion sei und durch Zusammenarbeit verschieden gebauter und verschieden funktionierender Teile des linken Hinterhirns zustande käme“. Alle heben, nach *Berger*, die Bedeutung einer Schädigung des linken Occipitallappens für das Zustandekommen von Rechenstörungen hervor. „Ich“, sagt *Berger*, „glaube, daß namentlich für die *begrifflichen* Vorgänge der Rechenvorgänge die Schädigung *optischer* Vorstellungen nur eine geringe Rolle spielt“ und, daß vorzugsweise „Schädigungen des linken Temporalappens . . . in Frage kommen“.

Mir scheint, daß diese zwei Meinungen, *Ransburghs* und *Bergers* nicht kontradiktorisch sind oder einander ausschließen. Aus klinisch-anatomischen Beobachtungen wird ersichtlich, daß durch lokalisierte

Läsionen die Rechenfähigkeit wesentlich beeinflußt wird, ja selbst bis zur Vernichtung, daß aber andererseits das Rechnen einen gewissen Fond von allgemeiner Intelligenz voraussetzt, ist wohl allgemein anerkannt.

Die nächste Frage wird dann: welche Teile sind für das Rechnen am wichtigsten?

Dabei ist zu betonen, daß die Frage nicht so generell aufgestellt werden darf. Es gibt, wie ich nachgewiesen habe (Path. d. Geh. T.V.), ganz verschiedene Formen von Rechenunfähigkeit (Akalkulie), welche von mir statistisch auseinandergesetzt wurden (P. d. G. V, S. 183), nämlich Zifferzählaphämie, Z-Leseblindheit, Z-Agraphie, Z-Taubheit, welche wohl alle wie die verschiedenen Formen der Aphasie verschieden lokalisiert sind. Der Ausdruck Akalkulie ist also vieldeutig. Die Frage der Lokalisation ist deshalb sehr kompliziert und ich weise auf T. V, S. 167 hin.

Da bei der Beurteilung der klinischen Fälle eine eventuelle Aphasie nach *Berger* eine Rolle spielt (*Lewandowski*), so sollten solche Fälle bei der Lösung der Frage nach der Lokalisation eigentlich ausgeschlossen werden. *Berger* trennt daher die Fälle in primäre, ohne andere Schädigungen, und sekundäre, mit dergleichen Schädigungen.

Dem kann ich nicht beistimmen. Gerade die aphasischen Fälle sind für die Lokalisation der Rechenfähigkeit von allergrößter Bedeutung (s. P. d. G. V).

Für die Beurteilung, ob der Temporal- oder Occipitallappen für die Intelligenz von größerer Bedeutung ist, sind einige Fälle von *Head* unter der Rubrik: „semantic aphasia“ von besonderem Interesse. Die Fälle sind alle traumatisch. In 3 Fällen von Kugelverletzungen des T-Lappens war die Intelligenz wie auch die arithmetische Fähigkeit wesentlich erhalten. Hingegen war in 5 Fällen mit durchschossenem P-O-Lappen die Intelligenz und die arithmetische Kapazität bedeutend herabgesetzt. Keiner der Pat. konnte selbst einfache Rechenprobleme lösen (*Head*).

Diese Erfahrungen sprechen nicht zugunsten der *Bergerschen* Behauptungen. Doch sind diese Fälle zu wenige, um die Sache zu entscheiden. Auch ist es für die Lösung der Lokalisationsfrage nicht unwichtig, welche pathologischen Veränderungen, ob Nekrose, Blutung, Tumor usw., vorliegen.

Dabei äußert *Berger* mit Recht, daß Störungen der Rechenfähigkeit und des Gedächtnisses am deutlichsten bei *Hirntumoren* bemerkbar sind, und zwar infolge des wechselnden Hirndrucks, daß aber dabei nicht alle Rechenoperationen gleichmäßig leiden, sondern Division und Subtraktion am meisten, dagegen Multiplikation und Addition nicht geschädigt werden (S. 242).

Weiter teilt *Berger* u. a. drei klinisch-anatomische Fälle von Hirntumoren mit, bei welchen die Rechenfähigkeit geschädigt war. Er kommt da zu dem Resultate, daß „die Schädigung verschiedener cerebraler Funktionen zu sekundären Rechenstörungen führen kann“, aber daß in „diesen 3 Fällen ein vollständiger Ausfall der Rechenfähigkeit nicht vorliegt“, daß aber „alle 3 Fälle der *Annahme von Peritz*, die durch *Henschen* unterstützt wird, daß *im linken Gyrus angularis ein Rechenzentrum gelegen sei, durchaus ungünstig sind*, denn in allen 3 Fällen waren der Gyrus angularis und auch sein Marklager makroskopisch und mikroskopisch normal“.

Berger ist dagegen auf Grund eigener Erfahrungen der Meinung *Henschens*, daß „dem Stirnhirn eine Beteiligung an dem Zustandekommen der eigentlichen Rechenleistungen abzusprechen sei“.

Diese Äußerungen veranlassen vorliegende Schrift. Die aufgeworfene Frage hat weitgehendes Interesse. In der Tat gilt die Frage: sind die Rechenstörungen eine Folge *lokaler* Störungen oder einer Herabsetzung des allgemeinen *logischen* Denkens oder Intellekts? Stützen wir uns bei unserem Rechnen auf *lokalisierte* Funktionen oder auf eine allgemeine Funktion des ganzen Gehirns? Diese Frage ist fundamental: Es ist dies eine Streitfrage besonders zwischen den Physiologen und Klinikern einerseits und den modernen Psychologen andererseits.

Zuerst aber ist es nötig, die Gründe für *Bergers* Ablehnung der Behauptung von *Peritz* und *Henschen* zu betrachten. (*Peritz* wird wohl für seine Person antworten.)

Hat *Berger* meine Meinung richtig aufgefaßt: habe ich wirklich gesagt, daß der Gyrus angularis ein Rechenzentrum ist?

Zwei Schriften, eine kleinere in *Zeitschr. f. d. ges. Neurol. u. Psychiatrie* 52, H. 4/5, S. 284—290, 1919, eine ausführlichere in *Pathol. d. Gehirns* T. V, S. 181—211, besonders S. 206 und 209, 1920, habe ich der Frage nach dem Rechenmechanismus gewidmet.

1919 habe ich die verschiedenen Formen von Rechenstörungen: Rechenblindheit, Zifferschreiben und Zifferagraphie, sowie die motorische Form und die akustische behandelt; 1920 habe ich die vollständigen Zahlen und Gründe dargelegt. Dabei bin ich zu dem Schlusse gekommen, daß die Lokalisation Schwierigkeiten begegnen muß, da das Material spärlich ist und deshalb neue Tatsachen wünschenswert sind. 1920 ist *Peritz* zu dem Resultate gelangt (s. *Pathol. d. Gehirns* T. V, S. 209), daß 1. Rechenstörung nur durch Läsionen der linken Hemisphäre entsteht und daß „*in der Gegend des linken Gyrus angularis ein Zentrum für das Rechnen vorhanden zu sein scheint*, ferner 2. daß ein funktionelles Verhältnis zwischen der Rechenfähigkeit und dem optischen Systeme besteht und also das *Rechnen* bei allen Menschen *visuell gestützt ist*“.

Und dann sage ich meine eigene Meinung: „diese Schlüsse lassen sich gut mit den meinigen vereinigen“. In Pathol. d. Gehirns T. V, S. 206 habe ich ausführlicher meine Ansicht folgendermaßen formuliert:

„Läsionen von T, P, A und O scheinen eine Rolle als Grund der *Akalkulie* zu spielen, *besonders größere Läsionen des linken O-Lappens*.

Auf *eine ganz circumscribed Läsion in T, P, A oder O als Ursache der Akalkulie weisen die Sektionsbefunde an sich nicht hin*.

Es scheint also die Annahme berechtigt, daß die Rechenfähigkeit eine sehr zusammengesetzte Hirnfunktion ist und durch Zusammenarbeit verschieden gebauter und funktionierender Teile des linken Hinterhirns zustandekommt“.

Dies ist doch etwas anderes, als was *Hans Berger* in seiner Schrift über meinen Standpunkt sagt. Nach *Hans Berger* habe ich behauptet, daß *im Angularis* ein Rechenzentrum liegt; ich selbst habe mich *Peritz* angeschlossen, daß *in der Gegend* des *Angularis* ein Zentrum für Rechnen vorhanden zu sein scheint. Ich markiere das Wort, *Gegend*, und meine damit, daß ein solches Zentrum *nicht mit* der Lokalisation in dem *Angularis zusammenfällt*, sondern in seiner Nähe irgendwo gelegen ist, außerdem habe ich betont, daß die Rechenfähigkeit eine „sehr zusammengesetzte Hirnfunktion“ ist und durch Zusammenarbeit verschieden gebauter und funktionierender Teile zustandekommt und, daß die Sektionsbefunde *nicht auf ganz circumscribed* Läsionen von T, P, A oder O hinweisen.

Schärfer kann wohl die Differenz zwischen *Bergers* Auffassung und meiner Stellung zu dieser Frage nicht formuliert werden.

In einigen Punkten steht doch meine Ansicht 1920 mit *Bergers* Anschauung von 1926 in schöner Übereinstimmung insofern, als wir 1. beide annehmen, daß die Rechenfunktion an die linke Hirnhälfte gebunden ist, daß optische Vorstellungen oder Funktionen dabei eine große Rolle spielen; 2. daß die akustischen nicht ausgeschlossen sind, wiewohl *Berger* ihnen eine wichtigere Rolle zuerkennt und 3. daß eine weitgehende Gleichstellung der Rechenfähigkeit mit der Urteilsfähigkeit eben nicht zutrifft. Die Rechenfähigkeit kann schwer gestört und dennoch die logischen Funktionen unversehrt sein (*Berger*, S. 263). Die Rechenfähigkeit beruht auf einem Zusammenwirken verschiedener Rindengebiete und ist also nicht ein Ausdruck von *nur* allgemeiner Intelligenz, wie *Ransburgh* anzunehmen scheint.

Unter dem Rechnen liegen lokalisierte Vorstellungen verschiedener Art und Lokalisation. Dabei spielen besonders die visuellen eine wichtige Rolle.

Die Statistik der klinischen Sektionsfälle (angef. St. S. 183) zeigt indessen deutlich, daß das Rechenzentrum in der *Nähe* von *A* liegen muß, da Zifferblindheit so oft mit Wortblindheit verbunden war.

In der Pathol. d. Gehirns T. V, S. 205 befindet sich eine Tabelle darüber, welche Lappen bei Akalkulisten und Kalkulisten geschädigt sind. Aber die Schwierigkeit, die relative Bedeutung der verschiedenen Lappen in bezug auf die Rechenfähigkeit festzustellen, liegt darin, daß in der Mehrzahl der Fälle mehrere Lappen lädiert sind.

Indessen ist es interessant zu beachten, daß in den 38 Fällen von Akalkulie die Insula in 26 Fällen = 68%, in den 29 Fällen von Kalkulie dagegen in 10 Fällen = 29% getroffen waren. Was den Temporallappen anbelangt, waren unter dessen 20 Akalkulisten = 52% und 14 Kalkulisten = 48%; betreffs des O-Lappens waren 6 Akalkulisten = 20% und 8 Kalkulisten = 28%. Aus diesen Zahlen kann man kaum sichere Schlüsse ziehen, da, wie erwähnt, mehrere Lappen gleichzeitig geschädigt waren. Andererseits war unter den 38 Akalkulisten in 3 Fällen nur der O-Lappen getroffen = 7,8% unter den 29 Kalkulisten in 2 Fällen = 6,7%.

Aus der Tabelle über die Kalkulisten und Akalkulisten läßt sich aber die Frage nicht lösen. Die Fälle müssen nicht nur gerechnet, sondern abgewägt werden. Die angeführten Fälle *Heads* sprechen jedoch, obschon wenige entschieden, für die größere Bedeutung des P-O-Lappens im Vergleich zum T-Lappen, was auch mit den oben angeführten Angaben von mehreren Forschern stimmt. Indessen kann die Sache erst durch eine noch eingehendere Untersuchung entschieden werden. Es ist klarzulegen, ob nicht „visuelle“ Akalkulie durch Läsion des P-O-Lappens und „akustische“ Akalkulie durch eine solche des Temporallappens zustandekommt. Ob das vorhandene Material für eine solche Untersuchung hinreichend ist, kann erst eine sorgfältige Analyse feststellen (vgl. Pathol. d. Gehirns, T. V, S. 206). Daß aber auch der T- und A-Lappen eine Bedeutung für das Rechnen haben, scheinen sowohl die Tabelle als auch die *Headschen* Fälle zu beweisen. In mehreren von den letzteren waren P und A durchschossen oder diese lagen unmittelbar unter der Fraktur des Schädels.

Es liegt die Annahme nahe zur Hand, daß *Akalkulie oft mit Zifferblindheit* verbunden sein muß. Die Statistik (Tab. R, S. 183) zeigt, daß Zifferblindheit oft (20 Fälle von 98) mit Akalkulie verbunden ist; in 9 Fällen hingegen war trotz Vorhandenseins von Zifferblindheit keine Akalkulie da, und in 26 Fällen von 98 lag trotz Akalkulie Zifferblindheit vor. Dies deutet darauf, daß auch andere Faktoren zur Akalkulie beitragen.

Jene Tabelle S. 186 ist auch in mehreren anderen Beziehungen lehrreich. Sie zeigt in allem, daß der Mechanismus der Sprache wesentlich von dem der Kalkulie verschieden ist.

Die Tabelle Ö (S. 207) zeigt weiter, daß auch Akalkulie und Amusie nicht zusammenfallen, indem z. B. unter 11 vorhandenen, tauglichen Fällen in 5 von diesen Notenblindheit vorhanden war.

Stellt man alle in meinem Werke (T. V) vorliegenden Tatsachen klinisch-anatomisch zusammen, so gelangt man zur Überzeugung, daß die Mechanismen für Sprache, Musik und Kalkulie voneinander verschieden sind, wenn sie auch analoge Formen und viele gemeinsame Punkte zeigen.

Es wäre noch übrig zu untersuchen, ob die 3 Fälle *Bergers* wirklich beweisen, daß die Gegend des Gyrus angularis nicht zum Gebiete des Rechenaktes gehört, dies mag sich nun auf den Angularis begrenzen oder etwas weiter ausdehnen. Es handelt sich um eine sehr beschränkte Lokalisation.

Zuerst will ich bemerken, daß alle 3 Fälle *Hirntumoren* betreffen und daß *Berger* selbst betont (S. 242), daß, wie jeder Hirnforscher weiß, solche Tumoren nicht nur lokal zerstörend oder verdrängend wirken, sondern auch Zirkulationsstörungen, Ödeme, Degenerationen selbst nach entfernten Gebieten verlaufender Bündel hervorrufen. Betrachten wir die Fälle von diesem Gesichtspunkte aus, so fällt sofort in die Augen, daß die betreffenden *Tumoren sehr groß* sind; im Falle A. T. ein Tumor von 5 cm Länge und 3 cm Höhe, der fast den ganzen O-Lappen einnimmt (außerdem 3 kleine Geschwülste); im Falle Th. A. nimmt die Geschwulst das Mark des Parazentrallappens und den Praecuneus in einer Länge von etwa 7 cm und einer Höhe von etwa 8 cm ein; im Falle M. F. ist die Tumorenmasse enorm, nimmt das Mark von T, C^a, C^h, P² fast bis zur Grenze des O-Lappens ein und mißt etwa 9 cm, der Kern 6 cm.

Schon die Größe der Geschwülste zeigt die Unzulänglichkeit *jeder* feineren Lokalisation hieraus.

Wie weit liegen dann die Grenzen dieser Geschwülste von der Gegend des Angularis: in A. T. etwa 1 cm von dem ventralen Rande des A.; in Th. A. liegt sie *vielleicht* 2—3 cm entfernt; im Gebiete der A. cerebri anterior, große Äste ihres Endgebietes zerstörend; in M. F. war die Geschwulst enorm und lag etwa 1 cm von A entfernt.

Es ist *ohne weiteres* klar, daß in allen diesen Fällen eingreifende Zirkulationsstörungen (Hyperämie und Anämie) sowie Ödeme und wechselnder Hirndruck auch auf die Gegend von A eingewirkt haben *müssen*.

Zudem finden wir im Falle A. T. 3 kleinere Geschwulstknoten, deren 2 in P¹ und P², in Th. A. auch im O-Lappen die Sehstrahlung abschneidend einen Knoten von 7 mm und ferner einige kleinere Knoten im Mark. Im Falle M. F. wog die Geschwulst 400 g, bemerkt *Berger*; „durch den Druck waren große Gebiete der linken Hemisphäre zerstört“ (S. 255); zerstört waren T², T³, T⁴, Cⁿ, C^h, der Abstand der hinteren Geschwulstgrenze von A kann auf etwa 1 cm berechnet werden.

Ferner war in A. T. das Lesen paraphasisch. Gesichtsfelder normal; in Th. A. war eine Hemianopsie vorhanden.

Bei dieser Sachlage war es doch befremdend, daß die Lese- und Schreibfähigkeit im Falle I (A. T.), II (Th. A.) und III (M. F.) nicht tiefer gestört waren.

Es ist indessen ausgeschlossen, aus solchen Fällen auf irgendeine feinere Lokalisation zu schließen.

Zusammenfassung.

Als Resultat finde ich also:

1. daß ich *nicht*, wie *Hans Berger* meint, den Gyrus angularis als ein Rechenzentrum angegeben habe, wohl aber die Gegend von A;
2. daß ich beim Rechnen eine Zusammenwirkung verschiedener Rindengebiete annehme;
3. daß die optischen, aber auch die akustischen Vorstellungen dabei eine wichtige Rolle spielen;
4. daß die Rechenfähigkeit sich zur linken Hemisphäre begrenzt und
5. im Hinterhirn, *besonders* dem O-Lappen, lokalisiert ist, aber daß auch die P- und T-Lappen dabei wichtig sind und
6. daß die Rechenfähigkeit, wie die Statistik zeigt, nicht mit den musikalischen und sprachlichen Fähigkeit zusammenfällt, sondern eine spezifische Fähigkeit ist.